

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-187597

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

H02K 1/22

(21)Application number : 09-350468

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 19.12.1997

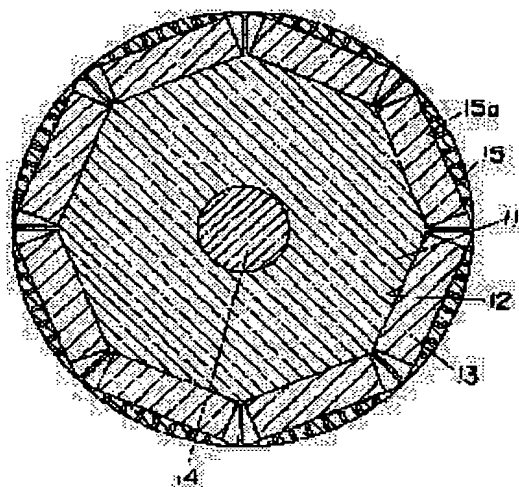
(72)Inventor : ASANO YOSHINARI  
KONDO MOTOTERU

## (54) ROTOR WITH EMBEDDED PERMANENT MAGNETS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To lessen torque ripple by providing a rotor with a plurality of air layers of slits which extend from the vicinity of the rotor core periphery side of the permanent magnet of each pole to the vicinity of the surface of the rotor.

**SOLUTION:** This rotor has a plurality of slits 15 which extend from the vicinity of the rotor core periphery of the permanent magnet of each pole to the vicinity of the surface of the rotor. The slits 15 are arranged at equal intervals in parallel in radial direction of the center of the magnetic pole. Since the slits 15 interrupt the magnetic path, reluctance torque becomes small. Moreover, since the magnetic flux from the surface of the permanent magnet passes between the slits, the magnetic fluxes from the surface are roughly equal within one magnetic pole. Accordingly, a motor, in which the resistance to demagnetization is improved by embedding the permanent magnet inside the rotor core, and at the same time torque ripple is small, even in a motor of rotation in both normal and reverse directions where the current phase control is hard, and vibration and noise are small, can be provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-187597

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 K 1/27

識別記号

5 0 1

F I

H 0 2 K 1/27

5 0 1 K

5 0 1 D

5 0 1 M

1/22

1/22

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-350468

(22) 出願日

平成9年(1997)12月19日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 浅野 能成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 近藤 元輝

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

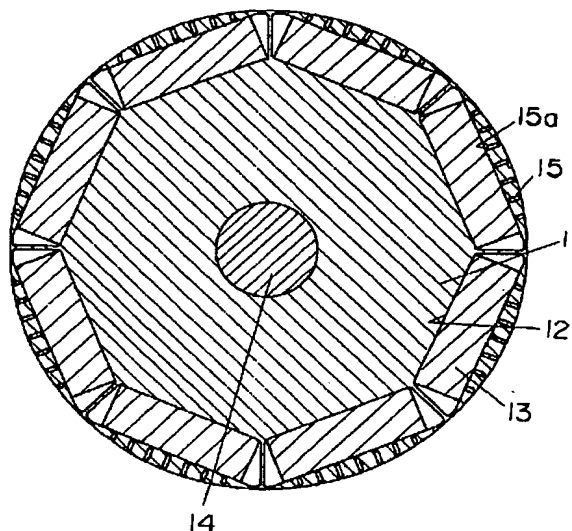
(54) 【発明の名称】 永久磁石埋め込みロータ

(57) 【要約】

【課題】 電流位相制御困難な永久磁石埋め込みロータにおいて、トルクリップルを低減する。

【解決手段】 略円筒形ロータコア11内部に、長手方向に永久磁石13を埋設してなる永久磁石埋め込み型ロータであって、各極の永久磁石のロータコア外周側付近からロータ表面付近に伸びる、複数のスリット15を有する。

11---ロータコア  
12---永久磁石用打ち抜き穴  
13---永久磁石  
15---スリット



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】略円筒形ロータ内部に、長手方向に永久磁石を埋設してなる永久磁石埋め込み型ロータであって、各極の永久磁石のロータコア外周側付近からロータ表面付近に伸びる、複数のスリットを有する永久磁石埋め込みロータ。

【請求項2】正逆両方向回転のモータに搭載された請求項1記載の永久磁石埋め込みロータ。

【請求項3】スリットのロータ内周側の先端が、先ずばまりである請求項1記載の永久磁石埋め込みロータ。

【請求項4】板状の永久磁石を半径方向と直角に配置した永久磁石埋め込みロータにおいて、上記スリットが、極中心の半径方向に略平行に、略等間隔に有する請求項1記載の永久磁石埋め込みロータ。

【請求項5】ロータ内周側に凸の円弧形状の永久磁石を有する永久磁石埋め込みモータにおいて、永久磁石のロータコア外周側の極を円周方向に略N等分し、前記極に対向するロータ表面を略N等分し、iを1からN-1の整数としたとき、前記極のi番目と前記ロータ表面のi番目を結んだ位置に上記スリットを有する請求項1記載の永久磁石埋め込みロータ。

【請求項6】略円筒形ロータ内部に、長手方向に永久磁石を埋設してなる永久磁石埋め込み型ロータであって、永久磁石のロータ内周側の極中心部の磁路を遮ったことを特徴とする永久磁石埋め込みロータ。

【請求項7】スリットに非磁性体を充填した、請求項1記載の永久磁石埋め込みロータ。

【請求項8】スリットをアルミダイカストし、ロータ両端にエンドリングを形成した請求項1記載の永久磁石埋め込みロータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、減磁耐力に優れ、効率の高い永久磁石埋め込みロータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、ロータコア内部に永久磁石を埋設することにより、減磁耐力に優れ、効率の高い永久磁石埋め込みロータがあった。図9は、従来の永久磁石埋め込みロータの断面図である。ロータコア41に、永久磁石用打ち抜き穴42を有し、前記永久磁石用打ち抜き穴42に永久磁石43を埋設してなる。本ロータは、ステータの巻線に流れる電流により回転磁界を発生し、永久磁石43との間の磁気力により、シャフト44を中心に回転する。永久磁石をロータ内部に埋設しているため、永久磁石がステータに流れる減磁電流による磁束はロータコア部を流れるため、永久磁石の減磁耐力に優れている。また、永久磁石飛散防止管が不要であるため、永久磁石飛散防止管の内部に発生する渦電流による損失がなく、効率が高くてできる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本構成において、ロータの逆突極性により、リラクタンスが発生する。図1においては、磁路Pa1および磁路Pa2により、電流位相を進めることにより、リラクタンストルクを利用することが可能である。しかしながら、正逆両方向回転のモータにおいては、電流位相を進めることが困難であり、この場合、トルクリップルが大きくなり、モータを搭載した機器の振動・騒音が大きくなるという欠点を有していた。図2は、永久磁石埋め込みロータを有するモータのトルクを示した図である。本図において、スロットの影響による高調波成分などは無視し、模式化している。電流位相を制御できない場合、通電区間は電気角-30°から30°の間であり、本区間で運転した場合、図3が示すトルク波形となる。トルクリップルが大きく、また、電流の切り替わりで不連続のトルク値をとることにより、高調波成分を含む波形となる。本発明は、これらの欠点を解決するために発明されたものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記欠点を解決するため、本発明は、略円筒形ロータ内部に、長手方向に永久磁石を埋設してなる永久磁石埋め込み型ロータにおいて、各極の永久磁石のロータコア外周側付近からロータ表面付近に伸びる、複数の空気層のスリットを設けた。

## 【0005】

【発明の実施の形態】請求項1記載の発明は、略円筒形ロータ内部に、長手方向に永久磁石を埋設してなる永久磁石埋め込み型ロータであって、各極の永久磁石のロータコア外周側付近からロータ表面付近に伸びる、複数のスリットを有する永久磁石埋め込みロータであり、電流進角制御のないモータにおいてもトルクリップルを小さくし、振動・騒音の小さいモータを提供するものである。

【0006】請求項2記載の発明は、正逆両方向回転のモータに搭載された請求項1記載の永久磁石埋め込みロータであり、電流進角制御の困難な正逆両方向回転のモータにおいてもトルクリップルを小さくし、振動・騒音の小さいモータを提供するものである。

【0007】請求項3記載の発明は、スリットのロータ内周側の先端が、先ずばまりである請求項1記載の永久磁石埋め込みロータであり、永久磁石の磁束を有効に発生させ、磁束量を減少させることなくトルクリップルを小さくし、振動・騒音の小さいモータを提供するものである。

【0008】請求項4記載の発明は、板状の永久磁石を半径方向と直角に配置した永久磁石埋め込みロータにおいて、上記スリットが、極中心の半径方向に略平行に、略等間隔に有する請求項1記載の永久磁石埋め込みロータであり、永久磁石から発生した磁束の磁路を確保し、ロータ表面に均一に磁束を発生させることができるた

め、永久磁石の磁束を有効に利用し、効果的にトルクリップルを小さくすることができる。

【0009】請求項5記載の発明は、ロータ内周側に凸の円弧形状の永久磁石を有する永久磁石埋め込みモータにおいて、永久磁石のロータコア外周側の極を円周方向に略N等分し、前記極に対向するロータ表面を略N等分し、 $i$ を1から $N-1$ の整数としたとき、前記極の $i$ 番目と前記ロータ表面の $i$ 番目を結んだ位置に上記スリットを有する請求項1記載の永久磁石埋め込みロータであり、永久磁石の磁極面積を増加させることにより、出力を大きくし、かつ、永久磁石から発生した磁束の磁路を確保し、ロータ表面に均一に磁束を発生させることができるため、永久磁石の磁束を有効に利用し、効果的にトルクリップルを小さくすることができる。

【0010】請求項6記載の発明は、略円筒形ロータ内部に、長手方向に永久磁石を埋設してなる永久磁石埋め込み型ロータであって、永久磁石のロータ内周側の極中心部の磁路を遮ったことを特徴とする永久磁石埋め込みロータであり、永久磁石のロータコア外周側のロータコア部の磁路を遮るのみならず、永久磁石の極間から永久磁石のロータコア外周側のロータコア部に形成される磁路を遮るため、リラクタンストルクによるトルクリップルの増加を抑え、振動・騒音の小さいモータを提供するものである。

【0011】請求項7記載の発明は、スリットに非磁性体を充填した、請求項1記載の永久磁石埋め込みロータであり、ロータコアの強度を向上させることができる。

【0012】請求項8記載の発明は、スリットをアルミダイカストし、ロータ両端にエンドリングを形成した請求項1記載の永久磁石埋め込みロータであり、ロータコアの強度を向上させることができ、かつ、リベットピンや端板を必要とせずに永久磁石を固定することができ、部品点数が減り、生産性が向上する。

【0013】

【実施例】（実施例1）図1は、本発明の一実施例を示す永久磁石埋め込みロータの断面図である。

【0014】ロータコア11に、永久磁石用打ち抜き穴12を有し、前記永久磁石用打ち抜き穴12に永久磁石13を埋設してなる。本ロータは、ステータの巻線に流れる電流により回転磁界を発生し、永久磁石13との間の磁気力により、シャフト14を中心に回転する。各極の永久磁石のロータコア外周側付近からロータ表面付近に伸びる複数のスリット15を有する。スリット15は、磁極中心の半径方向に平行に、等間隔に配置されている。本構成により、図9に示す磁路Pa1をスリット15が遮っているため、リラクタンストルクが小さくなる。また、永久磁石表面からの磁束は、スリット間を通るため、ロータ表面からの磁束が、一磁極内で略均一である。従って、永久磁石をロータコア内部に埋設することにより減磁耐力を向上させつつ、かつ、電流位相制御

困難な正逆両方向回転のモータにおいても、トルクリップルが小さく、振動・騒音の小さいモータを提供できる。また、スリット15のロータ内周側の先端15aが、永久磁石用打ち抜き穴12から離れ、先端が丸められている。これにより、永久磁石13の磁束を妨げることなく、スリット間に導くことが可能である。スリット15のロータ内周側の先端15aは、半円状ではなく、尖形であってもよく、また、永久磁石用打ち抜き穴12と連続していても、先端が先ずばまりであればよい。

【0015】本構成により、電流位相とトルクの関係は図2のようになり、通電区間は、トルクの極大値を中心とするため、トルク波形は図3のようになる。トルクリップルは、図4に示すように、従来の永久磁石埋め込みロータと比較し、約40%低減され、トルクの値はほぼ同等であることがわかる。

【0016】また、スリット15の幅は、エアギャップ程度が適当であり、永久磁石13の幅より十分に小さい値である必要がある。スリット15の幅をエアギャップの $1/2$ 以上で、かつ、永久磁石13の幅を1極あたりのスリット数で割った値以下とすることにより、減磁耐力を低下させることなく、有効にトルクリップルを減少させることができる。例えば、永久磁石の幅を10mm、エアギャップを0.6mm、1極あたりのスリット数を7とすると、スリット幅は、0.3mm以上、1.4mm以下が望ましい。

【0017】スリット15に、樹脂などの非磁性体を充填することにより、ロータコア強度を向上することが可能である。また、永久磁石を埋設した状態で、図5のように、スリット15部をアルミダイカストしアルミバー16を形成し、ロータ両端にエンドリング17を形成すれば、永久磁石の固定も同時に可能である。

【0018】なお、スリット18は、図6に示すように、ロータ外周部と連続して形成してもよく、この場合、ロータ外周部とスリットの間に磁路がないため、磁束の周り込みを防止することができる。

【0019】（実施例2）図7は、本発明の他の実施例を示す永久磁石埋め込みロータの断面図である。

【0020】構成及び作用で、実施例1と同様の部分は省略する。永久磁石23のロータ内周側の極中心部の磁路に、スリット26を設けた。また、シャフト24は非磁性体である。本構成により、図1に示す磁路Pa2を妨げる位置にスリット26があり、かつ、スリットのロータ内周側は、非磁性のシャフト24であるため、リラクタンストルクが小さくなり、電流位相制御困難な場合の運転において、トルクリップルを小さくすることができる。

【0021】（実施例3）図8は、本発明の他の実施例を示す永久磁石埋め込みロータの断面図である。

【0022】構成及び作用で、実施例1と同様の部分は省略する。永久磁石33は、ロータ内周側に凸の円弧形

状である。また、永久磁石のロータコア外周側の極33aを円周方向にN等分し、前記極に対向するロータ表面31aをN等分し、iを1からN-1の整数としたとき、前記極のi番目33aiと、前記ロータ表面のi番目31aiとを結んだ位置にスリット35iを有する。図7において、 $\theta 1 = \theta 2 = \theta 3 = \theta 4 = \theta 5$ 、 $\theta 6 = \theta 7 = \theta 8 = \theta 9 = \theta 10$ である。

【0023】本構成により、永久磁石の磁極面積が大きくなるため、磁束量を大きくでき、減磁耐力を維持しつつ、出力を大きくすることができる。かつ、ロータ表面における磁束分布が均一となり、リラクタンストルクが小さくなり、電流位相制御困難な場合の運転において、トルクリップルを小さくすることができる。

【0024】なお、本発明は、上記実施例に限定されることなく、極数、永久磁石の層数などは本発明の趣旨に基づき種種の変形が可能であり、これらを請求の範囲から排除するものではない。

【0025】

【発明の効果】上記説明より明らかなように、請求項1記載の発明によれば、電流位相制御困難なモータにおいて、減磁耐力に優れ、かつ、トルクリップルの小さい永久磁石埋め込みロータを提供することができる。

【0026】請求項2記載の発明によれば、正逆両方向に回転するモータにおいて、電流位相制御のための特別な回路を必要とせず、トルクリップルの小さい永久磁石埋め込みロータを提供することができる。

【0027】請求項3記載の発明によれば、永久磁石の磁束を有効に発生させ、磁束量を減少させることなくトルクリップルを小さくし、振動・騒音の小さいモータを提供することができる。

【0028】請求項4記載の発明によれば、永久磁石から発生した磁束の磁路を確保しつつ、トルクリップルを小さくすることができる。

【0029】請求項5記載の発明によれば、出力を大きくし、かつ、永久磁石から発生した磁束の磁路を確保しつつ、効果的にトルクリップルを小さくすることができる。

【0030】請求項6記載の発明によれば、リラクタンストルクによるトルクリップルの増加を抑え、振動・騒音\*

\*音の小さいモータを提供することができる。

【0031】請求項7記載の発明によれば、ロータコアの強度を向上させることができる。請求項8記載の発明によれば、ロータコアの強度を向上させることができ、かつ、リベットピンや端板を必要とせずに永久磁石を固定することができ、部品点数が減り、生産性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す永久磁石埋め込みロータの断面図

【図2】本発明の一実施例における永久磁石埋め込みロータの電流位相とトルクの関係を示す図

【図3】本発明の一実施例における永久磁石埋め込みロータのトルク波形を示す図

【図4】本発明の一実施例における永久磁石埋め込みロータ及び従来の永久磁石埋め込みロータのトルク及びトルクリップルを示す図

【図5】本発明の一実施例における永久磁石埋め込みロータの他の例を示す斜視図

【図6】本発明の一実施例における永久磁石埋め込みロータのさらに他の例を示す断面図

【図7】本発明の他の実施例を示す永久磁石埋め込みロータの断面図

【図8】本発明のさらに他の実施例を示す永久磁石埋め込みロータの断面図

【図9】従来の永久磁石埋め込みロータの断面図

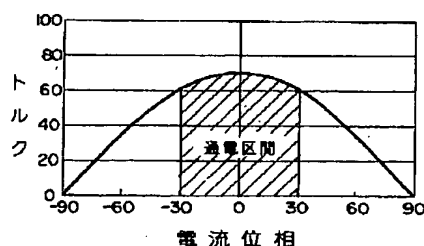
【図10】従来の永久磁石埋め込みロータの電流位相とトルクの関係を示す図

【図11】従来の永久磁石埋め込みロータのトルク波形を示す図

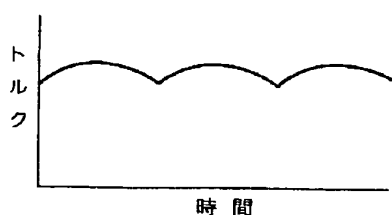
【符号の説明】

- 11, 21, 31, 41 ロータコア
- 12, 22, 32, 42 永久磁石用打ち抜き穴
- 13, 23, 33, 43 永久磁石
- 15, 18, 25, 26, 35 スリット
- 15a スリットのロータ内周側の先端
- 16 アルミバー
- 17 エンドリング

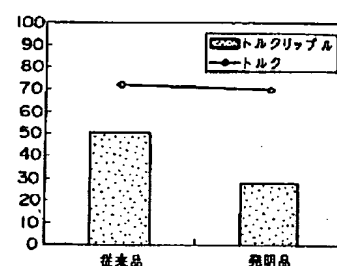
【図2】



【図3】

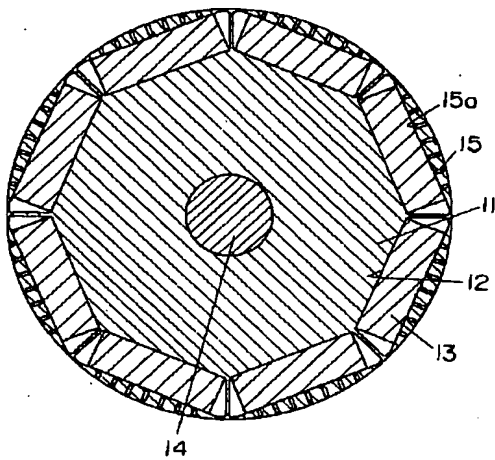


【図4】

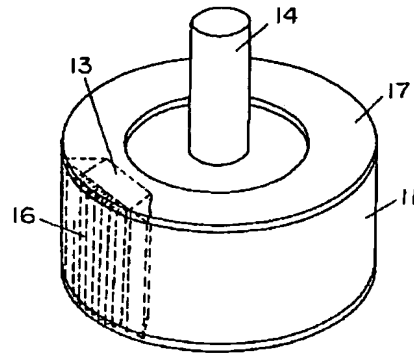


【図1】

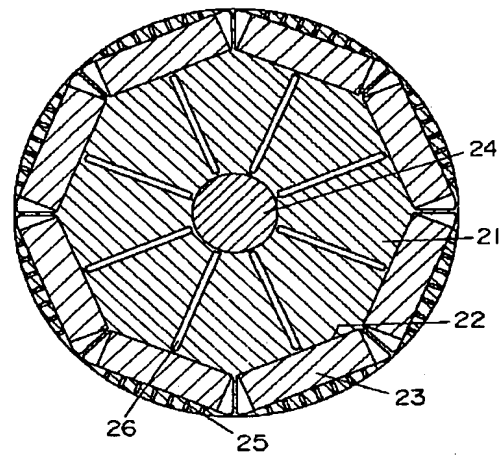
- 11...ロータコア  
12...永久磁石用打ち抜き穴  
13...永久磁石  
15...スリット



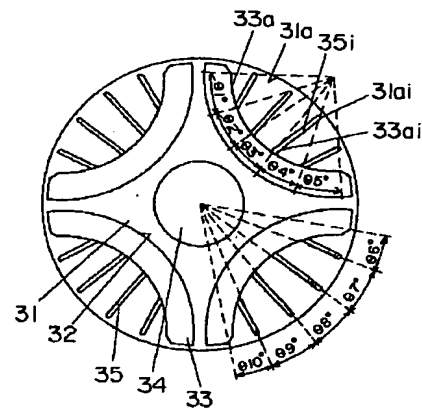
【図5】



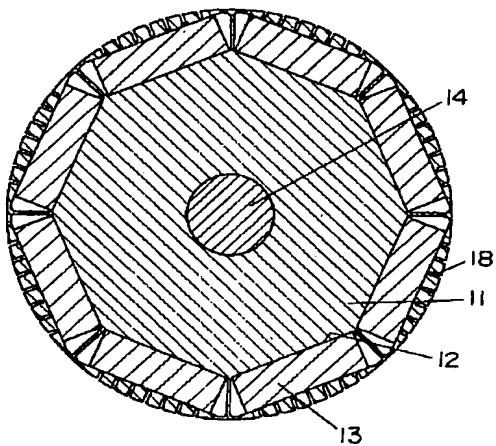
【図7】



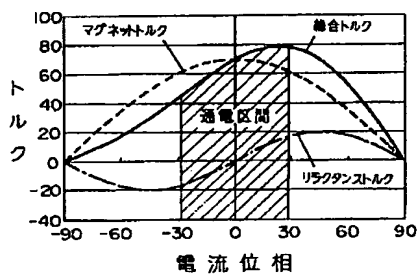
【図8】



【図6】



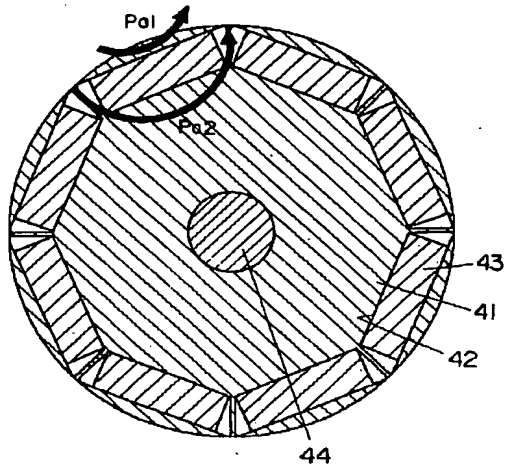
【図10】



(6)

特開平11-187597

【図9】



【図11】

